

文章编号: 1004 - 7271(2008)01 - 0072 - 05

## 饲料中 L-肉碱对斑节对虾肌肉中肌苷酸含量的影响

吴成福<sup>1,2</sup>, 江世贵<sup>1</sup>, 林黑着<sup>1</sup>, 李刘冬<sup>1</sup>, 周发林<sup>1</sup>

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 广东 广州 510300;

2. 广东海洋大学水产学院, 广东 湛江 524088)

**摘要:** 选用平均体重为(8.25 ± 1.18) g 的池塘养殖斑节对虾, 随机分为 4 组, 每组 3 个重复, 每个水泥池(100 cm × 100 cm × 100 cm) 养虾 60 尾, 分别投喂添加 0、50、100 和 200 mg/kg L-肉碱的配合饲料 4 周。在实验的第 0、1、2、3、4 周分别从每个重复中随机取样, 测定肌肉中的肌苷酸含量, 研究 L-肉碱对斑节对虾肌肉风味的影响。结果显示, 1 周后, 实验组对虾肌肉肌苷酸含量均有所提高, 其中 50 mg/kg 的实验组肌苷酸含量比对照组高 27.39% ( $P < 0.05$ ); 2 周后 50 mg/kg 的实验组比对照组高 15.85% ( $P < 0.05$ ), 随着肉碱添加浓度升高对虾肌肉中肌苷酸含量呈下降趋势; 3、4 周后, 实验组肌苷酸含量均比对照组低, 呈现明显的负相关。与野生斑节对虾相比, 池塘养殖对虾肌苷酸含量均比野生的低, 但使用实验配制的饲料养殖 4 周后的对照组则与其有接近趋势。

**关键词:** 斑节对虾; 肌苷酸; L-肉碱; 风味

中图分类号: S 963.1 文献标识码: A

## Effects of dietary L-carnitine on inosine monophosphate in the muscle of *Penaeus monodon*

WU Cheng-fu<sup>1,2</sup>, JIANG Shi-gui<sup>1</sup>, LIN Hei-zhao<sup>1</sup>, LI Liu-dong<sup>1</sup>, ZHOU Fa-lin<sup>1</sup>

(1. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China;

2. Fisheries College, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China)

**Abstract:** Common *Penaeus monodon* with body weight of (8.25 ± 1.18) g, adopted in an intensive culture pond, were allotted to four groups and fed diets supplemented with L-carnitine at a rate of 0 (control), 50, 100, 200 mg/kg for four weeks. Twelve shrimp were sampled from each replication every week for the effects of L-carnitine on inosine monophosphate (IMP) in the muscle of *Penaeus monodon*. The study showed that L-carnitine obviously improved the content IMP in prawn muscle at the end of week 1. In the groups fed 50 mg/kg L-carnitine, the content of IMP in prawn muscle increased by 27.39% compared to the control group, and the difference was significant ( $P < 0.05$ ). At the end of week 2, the groups fed 50 mg/kg L-carnitine improved by 15.85% ( $P < 0.05$ ). It showed that the content of IMP in muscle decreased while the supplement with L-carnitine increased. All the trial groups were lower than control groups at the end of week 3 and week 4, and the group with 50 mg/kg decreased the least among the trial groups. The content of IMP in

收稿日期: 2007-01-27

基金项目: 国家“八六三”项目(2003AA60312); 农业结构调整项目(06-05-018)

作者简介: 吴成福(1980-), 男, 广东珠海人, 硕士研究生, 专业方向为水产动物营养与饲料。

通讯作者: 江世贵, Tel: 020-84195176, E-mail: jiangsg@21cn.com

cultured shrimp muscle was much lower than that in wild shrimp; however, at the end of week 4, there were only little difference after feeding good experimental diet. All these results demonstrated that diets supplemented with L-carnitine could enhance the content of IMP in shrimp muscle, and the supplementation of 50 mg/kg L-carnitine to the diet for less than two weeks for the rearing was the optimum combination. It is a more effective way of feeding good diet to improve the flavor of cultured shrimp.

**Key words:** *Penaeus monodon*; inosine monophosphate; L-carnitine; flavor

随着水产养殖业向高密度、集约化发展,养殖斑节对虾出现香味变淡、风味下降等现象,普遍认为养殖对虾的风味不及海捕对虾鲜美<sup>[1-3]</sup>。研究表明对肉类的鲜味影响最大的物质主要有两大类,一是游离氨基酸;另一类是核苷酸,主要是肌苷酸和鸟苷酸。肌苷酸是鱼虾等水产品的主要鲜味化合物,其鲜度是味精鲜度的 50 多倍<sup>[4]</sup>。因此,开展提高肌苷酸含量的研究有重要的理论和现实意义。L-肉碱(L-carnitine)又称左旋肉碱,是一种类维生素营养物质,对动物除了有促进生长发育<sup>[5-6]</sup>、改善肉质的作用<sup>[7-9]</sup>,还能提高肌肉肌苷酸含量<sup>[10-12]</sup>。这些研究主要集中在禽畜,在水产动物研究甚少。本文研究了饲料中 L-肉碱对斑节对虾肌肉中肌苷酸含量的影响,旨在探讨 L-肉碱对斑节对虾的风味改善作用。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

试验用虾购于海南省三亚市黄流镇养殖塘,运回三亚市安游南海水产研究所热带水产研究开发中心,暂养一周,投喂未添加 L-肉碱的饲料。挑选外观正常,体质健壮,平均体重为(8.25 ± 1.18) g 对虾作为实验用虾。

L-肉碱购买于广州龙沙有限公司,纯度为 99% 以上。实验饲料 1、2、3、4 添加 L-肉碱浓度分别为 0、50、100、200 mg/kg。所有的饲料原料经粉碎混匀后,加 40% 自来水搅拌均匀,制成粒径 1.5 mm 的颗粒,晒干后于 -20 °C 冰箱中保存备用。饲料配方和实验饲料的营养组成如表 1、表 2 所示。

表 1 基础饲料组成  
Tab. 1 Composition of the basal diet

成分	百分含量(%)
秘鲁鱼粉	27.0
豆粕	20.0
花生粕	28.0
面粉	14.4
虾头粉	5.0
鱼油	3
维生素 C (150 mg/kg)	0.1
混合维生素 <sup>a</sup>	0.5
混合矿物质 <sup>b</sup>	2.0

注: a: 1000 g 混合维生素含: V<sub>B1</sub> 5.0 g, V<sub>B2</sub> 5.0 g, V<sub>B6</sub> 4.0 g, V<sub>B12</sub> 0.01 g, V<sub>K</sub> 4.0 g, V<sub>E</sub> 4.0 g, V<sub>A</sub> 5.0 g, V<sub>D3</sub> 4.8 g, V<sub>B5</sub> 20.0 g, 泛酸钙 10.0 g, V<sub>H</sub> 0.6 g, 叶酸 1.5 g, 肌醇 200.0 g, 纤维素 622.99 g; b: 1000 g 混合矿物质含: Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O 12.287 g, 乳酸钙 47.424 g, NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O 4.203 g, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 16.383 g, FeSO<sub>4</sub>·7 H<sub>2</sub>O 1.078 g, 柠檬酸铁 3.826 g, MgSO<sub>4</sub>·7 H<sub>2</sub>O 4.419 g, MnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O 0.033 g, CuSO<sub>4</sub>·5 H<sub>2</sub>O 0.022 g, CoCl<sub>2</sub>·6 H<sub>2</sub>O 0.043 g, KIO<sub>4</sub> 0.002 g, NaCl 3.233 g, KCl 6.575 g.

表 2 实验饲料营养组成  
Tab. 2 Composition of the experimental diets

	饲料 1	饲料 2	饲料 3	饲料 4	%
水分	9.40	8.50	8.70	9.50	
粗蛋白	40.30	40.10	40.60	39.70	
粗脂肪	6.56	6.62	6.60	6.40	
磷	1.58	1.50	1.50	1.48	

### 1.2 实验设计和条件

实验对虾随机分为 4 组,1 个对照组(不含肉碱)和 3 个实验组,每组 3 个重复,每个重复 60 尾,置于室外的水池(100 cm × 100 cm × 100 cm)中,养殖时间为 4 周。水泥池的上方 1 m 高左右遮盖黑色的遮阳网布。每天投喂 3 次,分别为 8:00、17:00、22:00,日投喂量为对虾体重的 3% ~ 5%,并根据摄食情况调整投饵量。

整个实验连续充气,溶解氧为 6.5 ~ 7.1 mg/L,水温为 26.5 ~ 31 °C,盐度为 31 ~ 33,pH 值为 7.9 ~ 8.1,NH<sub>3</sub>-N < 0.2 mg/L。养殖海水为经沉淀然后砂滤,养殖过程中为流水养殖,流量约为

1.0 L/min,每天吸污一次。

### 1.3 样品采集

在实验第0、1、2、3、4周分别从每组中随机取样12尾(4×3重复)并称重、记录。同时也采集36尾天然大小相近的海捕野生斑节对虾[(8.84±0.43)g]和36尾池塘养殖斑节对虾[(8.32±0.48)g]作为对比分析,取样完成后所有样品立即置于-20℃的冰箱中,随后移置于-70℃超低温冰箱中保存,待测。

### 1.4 肌苷酸的测定

肌苷酸检测采用高效液相色谱的方法进行<sup>[13-14]</sup>。对虾去壳,然后在每尾对虾的相同部位剪出等重肌肉,经绞碎混合均匀后准确称取。用3.5%的高氯酸进行提取,然后离心、过滤。测定主要在日立LC-6200高效液相色谱仪上进行。色谱条件:kromasil-ODS柱(250 mm×4.6 mm,5 μm);流动相为10%甲醇的磷酸缓冲液;柱温25℃;流速0.7 mL/min;紫外检测器,波长254 nm,0.02AUFS;进样量20 μL;外标定量法。每个样品平行测定2次,然后取平均值。

### 1.5 数据分析

数据统计分析均用SPSS12.0软件处理,实验结果采用平均数±标准差表示。对数据作单因素方差分析(ANOVA),并进行Duncan氏多重比较法分析平均数的差异显著性, $P < 0.05$ 表示差异显著。

## 2 结果

### 2.1 L-肉碱对斑节对虾肌肉中肌苷酸含量的影响

从表3可看出,在饲料中添加不同水平的L-肉碱对斑节对虾肌肉中肌苷酸含量有明显的影响。饲养1周后,所有实验组肌苷酸含量均比对照组有不同程度提高,其中添加50 mg/kg L-肉碱的实验组最明显,比对照组提高27.39%,差异显著( $P < 0.05$ ),并且明显高于其它的实验组( $P < 0.05$ )。100、200 mg/kg实验组比对照组相分别升高3.11%、15.34%,但差异不显著( $P > 0.05$ )。

饲养2周后,添加50 mg/kg实验组肌苷酸含量最高,与对照组相比,提高了15.85%,差异显著( $P < 0.05$ ),但与1周后的测定结果相比,提高幅度有所下降,与其它实验组也存在差异( $P < 0.05$ )。添加100和200 mg/kg L-肉碱组肌肉肌苷酸含量略低于对照组,并且随着肉碱添加浓度升高肌苷酸含量有降低的趋势。

第3周和第4周,所有的实验组肌苷酸均比对照组低( $P < 0.05$ ),且明显呈现负相关,即随着肉碱添加量的增加而肌肉中肌苷酸含量呈降低趋势。

表3 L-肉碱对斑节对虾肌肉中肌苷酸的影响

肉碱添加量(mg/kg)	0周	1周	2周	3周	4周
0	1.75±0.04	1.71±0.10 <sup>a</sup>	1.67±0.12 <sup>a</sup>	2.45±0.13 <sup>b</sup>	2.90±0.05 <sup>c</sup>
50	1.75±0.04	2.17±0.19 <sup>b</sup>	1.93±0.06 <sup>b</sup>	1.94±0.13 <sup>a</sup>	2.47±0.08 <sup>b</sup>
100	1.75±0.04	1.76±0.07 <sup>a</sup>	1.65±0.07 <sup>a</sup>	1.84±0.11 <sup>a</sup>	2.41±0.10 <sup>ab</sup>
200	1.75±0.04	1.97±0.29 <sup>ab</sup>	1.61±0.11 <sup>a</sup>	1.71±0.13 <sup>a</sup>	2.30±0.10 <sup>a</sup>

注:同列数据字母不同表示存在显著差异( $P < 0.05$ )

### 2.2 3种不同来源斑节对虾肌肉中肌苷酸含量的比较

由表4可见,本实验配制的饲料养殖4周后对照组斑节对虾和天然野生斑节对虾肌肉中肌苷酸含量均显著高于用商业饲料养殖池塘的斑节对虾( $P < 0.05$ ),但本实验对照组对虾和野生虾肌肉肌苷酸

表4 3种不同来源的斑节对虾肌肉中肌苷酸含量  
Tab.4 Content of inosine monophosphate in the muscle of *Penaeus monodon* from three different places mg/g

不同来源斑节对虾	肌苷酸含量
池塘养殖斑节对虾	1.80±0.06 <sup>a</sup>
养殖4周后的对照组	2.90±0.05 <sup>b</sup>
野生斑节对虾	3.04±0.06 <sup>c</sup>

注:字母不同表示存在显著差异( $P < 0.05$ )

含量则有接近的趋势。

### 3 讨论

风味包括滋味和香味两个主要方面,滋味来源于肌肉中的滋味呈味物如无机盐、游离氨基酸以及小肽、核酸代谢产物如肌苷酸和核糖等<sup>[4]</sup>。肌苷酸是滋味的重要物质之一,在淡水鱼的风味组成中,肌苷酸占总核苷酸的 60%,因而肌苷酸被认为是相当重要的滋味指标<sup>[15]</sup>。

肌苷酸主要由三磷酸腺苷(ATP)的分解产生<sup>[16-17]</sup>,而 L-肉碱对肌苷酸的作用主要是 L-肉碱影响肌肉中的三磷酸腺苷合成。L-肉碱作为载体可以将长链脂肪酸以脂酰肉碱的形式从线粒体膜外运送到膜内,使其在线粒体基质中进行  $\beta$ -氧化产生能量以 ATP 形式存在,而使肌苷酸增加,从而增加肌肉的风味<sup>[11,18]</sup>。占秀安等<sup>[19]</sup>研究表明,饲料中添加甜菜碱能显著提高中华鳖肌肉的肌苷酸含量,认为肌苷酸含量的提高主要是甜菜碱可通过促进肉碱的合成,从而加强线粒体  $\beta$ -氧化而产生的。另一方面, Bremer 等<sup>[18]</sup>的研究指出,L-肉碱也具有调节线粒体内脂酰 CoA/CoA 比率的作用,从而影响丙酮酸脱氢酶的活性,调节动物体内能量代谢,促进或抑制 ATP 生成,进而影响肌苷酸的含量。

从本实验的结果来看,1 周后,实验组肌苷酸含量均比对照组高,且以 50 mg/kg 肉碱添加组差异最显著( $P < 0.05$ ),这与毛红霞<sup>[11]</sup>研究结果相类似,表明添加 L-肉碱能提高斑节对虾肌肉肌苷酸含量,增加对虾鲜味作用,但低浓度肉碱的添加组效果更佳。2 周后,明显表现出随着肉碱添加浓度升高肌苷酸含量逐渐下降的趋势,添加适量 L-肉碱能有效提高斑节对虾肌肉肌苷酸的含量,提高对虾的风味,过量的添加起到阻碍作用,不利于肌苷酸含量的提高。3、4 周后,呈现随着饲料中肉碱添加量的增多而肌肉肌苷酸含量反而降低的负相关现象,而且实验组肌苷酸含量均比对照组低,表明肉碱对肌苷酸含量的提高作用,只在短期两周内有较明显的效果,超过一定时间反而不利于肌苷酸的提高。这可能随着养殖时间增加,肉碱在肌肉中积累到一定程度,对肌苷酸有抑制作用有关。这与 Bremer 等<sup>[18]</sup>认为 L-肉碱也具有调节线粒体内脂酰 CoA/CoA 比率的作用,促进或抑制 ATP 生成,从而影响肌苷酸含量的观点相似。因此,饲料中添加 50 mg/kg 肉碱和一周的养殖时间对肌苷酸含量提高效果最好。

本研究在测定养殖的斑节对虾肌苷酸同时还进行了与池塘和野生斑节对虾对比分析,结果表明,野生对虾肌肉肌苷酸远高于池塘养殖对虾,这与野生对虾比养殖对虾鲜美是一致的。使用实验组配制的饲料养殖四周后的对照组与野生对虾肌苷酸含量有接近的趋势,说明在目前的条件下,可以通过采用投喂适当的饲料达到提高对虾肌苷酸含量的目的,从而提高斑节对虾的鲜味,也进一步揭示了饲料营养是影响对虾风味的重要因素,通过改善饲料营养组成的方法可以提高养殖对虾的风味,使之与天然野生对虾接近。另外,本研究中采用平均体重为 8.25 g 的较大对虾作为实验材料,目的在于通过对虾上市前的营养强化,改善对虾的风味品质。

#### 参考文献:

- [1] 徐年军,严小军,徐继林,等. 新型风味素对养殖脊尾白虾海鲜风味的影响[J]. 水产学报,2005, 29(4):507-511.
- [2] 薛长湖,陈修白. 养殖和海捕两类中国对虾尝味成分的分析比较[J]. 青岛海洋大学学报,1991, 21(3):91-100.
- [3] Alasalver C, Anthony K D, Shahidi F. Comparative quality assessment of cultured and wild sea bream (*Sparus aurata*) stored in ice[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50: 2039-2045.
- [4] 李 洁,朱国斌(译). 肉制品与水产品风味(第二版)[M]. 北京:中国轻工业出版社,2001:129-164.
- [5] Klaus B, Simone S, Chaim A. Growth performance and feed utilization response of *Oreochromis niloticus* × *Oreochromis aureus* hybrids to L-carnitine measured over a full fattening cycle under commercial conditions[J]. Aquaculture, 1999, 174:313-322.
- [6] Twibell R G, Brown P B. Effects of dietary carnitine on growth rates and body composition of hybrid striped bass[J]. Aquaculture, 2000, 187:153-161.
- [7] Harpaz S. L-Carnitine and its attributed functions in fish culture and nutrition-a review[J]. Aquaculture, 2005, 249:3-21.
- [8] 赵 文,崔铁军,张泽虎,等. L-肉碱对鲤异味、生长、身体组成和某些生化指标的影[J]. 大连水产学院学报,2004, 19(4):243-247.
- [9] Chatzifotis S, Takeuchi T. Effect of supplemental carnitine on body weight loss, proximate and lipid compositions and carnitine content of

- red sea bream (*Pagrus major*) during starvation[J]. *Aquaculture*, 1997, 158:129-140.
- [10] 占秀安,许梓荣,毛红霞. L-肉碱对肉鸡生长性能、胴体组成和肉质的影响[J]. *浙江农业学报*, 2002, 4(4):201-204.
- [11] 毛红霞. L-肉碱对肉鸡生长、胴体组成和肉质的影响及其作用机理探讨[D]. *浙江大学硕士论文*, 2001, 26-27.
- [12] 高顺宾. 左旋肉碱对生长肥育猪生长性能、胴体组成和肉质的影响及其机理探讨[D]. *浙江大学硕士论文*, 2001, 40-42.
- [13] 李家胜,陈民利. 高效液相色谱法测定畜禽肌肉中的肌苷酸含量[J]. *浙江农业大学学报*, 1998, 24(3):295-296.
- [14] 吴莹莹,李文英,谢明. 高效液相色谱法测定肌肉中肌苷酸的含量[J]. *食品科学*, 2005, 26(12):191-193.
- [15] 张海艳,于太永,关伟军. 肌苷酸形成机理及其含量影响因素浅析[J]. *中国农业科技导报*, 2004, 6(3):17-21.
- [16] 王镜岩,朱圣庚,徐长法,等. *生物化学(第三版下册)*[M]. 北京:高等教育出版社, 2002: 391-394.
- [17] 陈继兰,文杰,李建军,等. 不同贮藏条件下鸡肉肌苷酸及其相关物变化规律的研究[C]//第十一次全国家禽学术讨论会论文集, 2003, 72-75.
- [18] Bremer J. Carnitine-metabolism and functions[J]. *Physiological Reviews*, 1983, 63:1421-1466.
- [19] 占秀安,钱利纯,李卫芬. 甜菜碱对中华鳖肌肉和裙边食用品质指标的影响[J]. *水产科学*, 2001, 20(4):4-6.

### 书籍征订:《水产辞典》

由上海水产大学校长潘迎捷任主编,乐美龙、黄硕琳、周应祺任副主编的《水产辞典》一书已于2007年7月由上海辞书出版社出版。

该书16开本、568页。共选收水产科学的名词术语5194条,插图423幅,彩照134幅,9个附录和两个索引等组成。词目按10个分支学科编排,即:1、总论;2、渔业资源;3、水产捕捞;4、水产增养殖;5、水产品贮藏与加工;6、渔业水域环境;7、渔业工程;8、渔业经济;9、渔业管理;10、水产经济动植物。9个附录是:与渔业有关的国际组织的中文、英文和英文缩写对照名录,644条;根据粮农组织《渔业统计年鉴》(2003版)译注的常见水生生物拉丁学名与中文学名对照名录,1803条;有关农产品安全质量和无公害食品的国家标准四种:无公害水产品安全要求;水产品中渔药残留限量;淡水养殖用水水质;海水养殖用水水质;化学元素表;度量衡表;世界渔区图。

该书是一部水产科学技术及与其密切相关学科的专业工具书,适用于水产院校、农林及生物等专业师生,以及从事渔业科技、生产管理等人员、与渔业有关部门的外事和翻译工作者参考。

目前该书已开始发行,定价:98元。需要购书者可与上海水产大学学报编辑部联系。

通讯地址:上海市军工路334号上海水产大学48信箱

邮政编码:200090 联系电话:021-65678640

联系人:张美琼 E-mail:jfc@shfu.edu.cn